

⑤①

Int. Cl. 2:

**H 02 H 3/28**

①⑨ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DE 28 45 993 A 1**

①①

# **Offenlegungsschrift 28 45 993**

②①

Aktenzeichen:

P 28 45 993.0

②②

Anmeldetag:

23. 10. 78

④③

Offenlegungstag:

10. 5. 79

③①

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

31. 10. 77 Italien 29173 A-77

⑤④

Bezeichnung:

Fehlerstromschutzschaltungsanordnung

⑦①

Anmelder:

Brown, Boveri & Cie AG, 6800 Mannheim

⑦②

Erfinder:

Giardini, Giorgio, Mailand (Italien)

**DE 28 45 993 A 1**

A n s p r ü c h e

1. Fehlerstromschutzschaltungsanordnung für elektrische Niederspannungsanlagen, die unter normalen Bedingungen auf Fehlerströme bis zu 5 mA und kleiner anspricht, mit einem Differentialtransformator mit einem Eisenkern niedriger Koerzitivkraft, um welchen die Phasenleiter als Primärwicklung und um welchen ferner eine Sekundärwicklung gewickelt sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine vom Netz versorgte Versorgungseinrichtung (1) vorgesehen ist, die einerseits auf die Sekundärwicklung (8) zur Vormagnetisierung des Eisenkerns (5) mit einem Wechselstrom und andererseits auf einen Energiespeicher (12) aufgeschaltet ist, daß ferner die Sekundärwicklung ebenfalls auf den Energiespeicher geschaltet ist, und daß der Energiespeicher im Falle eines Fehlerstromes seine Energie über eine Schwellenbildungseinrichtung (13) an den Auslöser (14) zur Unterbrechung der Phasenleiter (6, 7) abgibt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Empfindlichkeit zusätzlich ein Spannungsvervielfacher vorgesehen ist.

909819/0652

ORIGINAL INSPECTED

BROWN, BOVERI & CIE · AKTIENGESELLSCHAFT  
MANNHEIM

2

**BBC**  
BROWN BOVERI  
**2845993**

Mp.Nr. 651/78

Mannheim, 12.10.1978  
ZFE/P4-Ft/Hr

### Fehlerstromschutzschaltungsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Fehlerstromschutzschaltungsanordnung für elektrische Niederspannungsanlagen, die unter normalen Bedingungen auf Fehlerströme bis zu 5 mA und kleiner anspricht, mit einem Differentialtransformator mit einem Eisenkern niedriger Koerzitivkraft, um welchen die Phasenleiter als Primärwicklung und um welchen ferner eine Sekundärwicklung gewickelt ist.

Es sind bereits Fehlerstromschutzschaltungsanordnungen mit Differential-Transformatoren und mit Auslöser bekannt, die den Stromdurchgang unterbrechen, wenn die vektorielle Summe der durch die Primärwicklung fließenden Ströme von Null differiert; diese Einrichtungen werden für gewöhnlich zum Schutz von Verbrauchern gegen Elektrocusion oder einer muskulären Starre dann verwendet, wenn ein Mensch oder ein Tier an normalerweise unter Strom stehende Teile (direkter Kontakt) faßt oder wenn unter Strom stehende Teile in Kontakt mit metallischen Massen gelangen, die mit Erde verbunden und normalerweise isoliert sind, die jedoch infolge Zerstörung oder Beschädigung der Isolation des inneren elektrischen Stromkreises Spannung bekommen (indirekter Kontakt).

909819/0652

Beim gegenwärtigen Stand der Technik besitzen diese Schaltungsanordnungen, der Kürze wegen nachfolgend auch nur Einrichtungen genannt, einen Differentialtransformator, auf welchen (als Primärwicklung) alle Leiter einer Linie aufgewickelt sind und zwar in einem solchen Richtungssinn, daß unter normalen Bedingungen ein Fluß von der Größe Null geliefert wird. Die Sekundärwicklung dieses Transformators liefert bei einem Streustrom oder Fehlerstrom gegen Erde eine Spannung, welche direkt einen Auslöser betätigt, der seinerseits den Öffnungsmechanismus der Leitungskontakte indirekt betätigt (direkte Sicherheitseinrichtungen); oder es kann auch ein Eingangssignal zu einem elektronischen Verstärkerkreis geliefert werden, der von einer Hilfsenergiequelle gespeist wird (welche für gewöhnlich das Netz ist). Von diesem Signal, das vorzugsweise verstärkt ist, wird ein Auslöser betätigt, der weitaus robuster ist als im ersten Fall (indirekte Sicherheitseinrichtungen oder Sicherheitseinrichtungen mit Hilfs-Einspeisung).

Die "direkten" Einrichtungen verwenden Transformatoren und Auslöser, die technisch sehr aufwendig und teuer sind, die betriebsbereit sind, auch wenn eine der Einspeise-Leitungen unterbrochen wird (z.B. der Nulleiter).

Die "indirekten" Einrichtungen verwenden hingegen Transformatoren und Auslöser, die weniger kompliziert und kostspielig sind, die jedoch den Nachteil haben, daß sie nicht mehr funktionieren, wenn einer der Einspeiseleiter unterbrochen wird.

Außerdem müssen die direkten Einrichtungen im allgemeinen einen Transformator mit einer Primärwicklung haben, die von mehreren Windungen gebildet wird, so daß es deswegen unmöglich ist, die Einrichtung für eine sehr hohe Empfindlichkeit (z.B.  $I_{\Delta N} = 5 \text{ mA}$ ) und mit erhöhten Nennströmen  $I_N = 64 \text{ A}$  und andere) zu bauen. Hingegen haben die indirekten

909819/0652

Einrichtungen für gewöhnlich einen Transformator mit einer einzigen Primärwicklung und können daher erhöhte Nennströme aufnehmen, auch mit einer sehr hohen Empfindlichkeit (5 mA).

Schließlich kann die Empfindlichkeit der direkten Einrichtungen eine starke Beschränkung erleiden und vollständig verschwinden bei der Anwesenheit von in einer Richtung strömenden Strömen oder unter dem Einfluß von einer Gleichspannungs- oder Gleichstromkomponente, während im allgemeinen die indirekten Einrichtungen wenig beeinflußt werden von eventuellen Gleichstromkomponenten.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine neue Fehlerstromschutz-Schaltungsanordnung zu schaffen, die für die Betätigung von Unterbrechern, wie Relais bestimmt ist und mit der die Nachteile bekannter Anordnungen vermieden werden sollen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine vom Netz versorgte Versorgungseinrichtung vorgesehen ist, die einerseits auf die Sekundärwicklung zur Vormagnetisierung des Eisenkerns mit einem Wechselstrom und andererseits auf einen Energiespeicher aufgeschaltet ist, daß ferner die Sekundärwicklung ebenfalls auf den Energiespeicher geschaltet ist, und daß der Energiespeicher im Falle eines Fehlerstromes seine Energie über eine Schwellenbildungseinrichtung an den Auslöser zur Unterbrechung des Phasenleiter abgibt.

Aufgrund der besonderen Zusammenschaltung der Versorgungseinrichtung, dem Energiespeicher und der dazugehörigen Entladeeinrichtung wird folgendes erreicht:

Die Versorgungseinrichtung magnetisiert den Eisenkern mit einem Wechselstrom vor. Gleichzeitig lädt die Versorgungseinrichtung den Energiespeicher auf einen bestimmten Wert auf, der noch

909819/0652

nicht die Entladeeinrichtung durchschaltet. Erst dann, wenn bei Auftreten eines Fehlerstromes an der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt wird, mit der der Energiespeicher weiter aufgeladen wird, wird eine Schwelle überwunden, die die Entladeeinrichtung durchschaltet, so daß der Energiespeicher seine gesamte Energie auf den Auslöser abgeben kann.

Auf diese Weise wird ein Eisenkern möglich, der aus einem solchen Material hergestellt ist, das weder eine hohe Anfangspermeabilität noch einen niedrigen magnetischen Sättigungspunkt besitzt. Die erforderliche hohe Permeabilität wird von der Vormagnetisierung erzeugt. Die Äquivalenz des unteren Sättigungspunktes des Kernes wird mit der Entladeeinrichtung erhalten, die die oberen Spannungen bis auf einen vorstabilisierten Sicherheitswert eliminiert.

Mit dieser Anordnung können auch folgende Operationen durchgeführt werden:

Neben der Vormagnetisierung des Kernes mit Wechselstrom kann auch die Eichung durch Regelung des Niveaus der Vormagnetisierung erzielt werden. Darüberhinaus kann durch künstliche Erhöhung des Niveaus der Vormagnetisierung bis zur Auslöseschwelle der Einrichtung, d.h. bis zur Durchschaltschwelle der Entladeeinrichtung, die gesamte Einrichtung geprüft werden.

Die Anordnung hat darüberhinaus noch den Vorteil, daß die Einrichtung auch dann noch auf Fehlerströme anspricht, wenn einer der Phasenleiter unterbrochen ist, weil nämlich die Entladeeinrichtung bzw. der Energiespeicher von der Sekundärwicklung über die vorgegebene Schwelle hinaus aufgeladen wird und die Netzversorgung nicht mehr erforderlich ist.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen in folgendem:

1. Es werden Transformatoren und Auslöser verwendet, die billiger sind als die bei den direkten Einrichtungen derzeit verwendeten,

909819/0652

2. es wird ein Schutz geliefert gegen Kontaktspannungen, auch im Falle einer Unterbrechung von einer der Leitungsphasen,
3. es werden Transformatoren verwendet mit einer Primärwicklung, die von einer einzigen Windung je Phase gebildet ist und die daher die Empfindlichkeit von 5 mA erreichen kann, auch bei starken Ladeströmen,
4. die Einrichtung ist densibilisiert, wenn der sie durchfließende Strom pulsierend <sup>ist</sup> und eine Richtung hat oder von einer Gleichstromkomponente beeinflusst ist,
5. die Einrichtung hat einen Prüfungskreis, der kein zusätzliches Element benötigt und ebensowenig Widerstände mit großen Ladungsverlusten oder Hilfskontakten, wie dies bislang notwendig war.

Der Nachteil der neuen Einrichtung ist im wesentlichen nur der, daß eine größere Zahl von Komponenten benötigt wird.

Die Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindungsmeldung hat als wichtigstes Teil den Toroid-Kern des Differential-Transformators, der aus einer magnetischen Legierung besteht, die eine nur niedriger Koerzitivkraft besitzt und, wie im Fall der bekannten Einrichtungen, eine hohe Anfangspermeabilität bzw. einen niedrigen magnetischen Sättigungspunkt aufweist. Diese beiden Charakteristika können in der Tat ersetzt werden von den anderen Komponenten des Kreises, die auf diese Weise äquivalente Konditionen schaffen im Vergleich zu den von den derzeitig verwendeten Kernen gelieferten Konditionen.

909819/0652

Anhand der Zeichnung, in der einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind, sollen die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Verbesserungen und Vorteile näher erläutert und beschrieben werden, wobei eine Begrenzung des Schutzzumfanges nicht beabsichtigt ist.

Es zeigt

- Fig. 1 ein Blockschema der erfindungsgemäßen Einrichtung,
- Fig. 2 den B-H-Verlauf des Arbeitspunktes des Differential-Transformators der Einrichtung nach der Fig. 1,
- Fig. 3 eine Ausführungsform der Einrichtung nach Fig. 1 bei einphasigem Betrieb,
- Fig. 4 eine verbesserte Ausführungsform der Einrichtung nach Fig. 1, ebenfalls bei einphasigem Betrieb,
- Fig. 5 eine weitere verbesserte Ausführungsform der Erfindung.

In den Figuren 1, 3 und 4 ist mit 1 eine Versorgungseinrichtung bezeichnet, die direkt vom Netz gespeist und vorteilhafterweise so stabilisiert ist, daß sich innerhalb weiter Grenzen schwankende Stromnetzspannungen nicht bemerkbar machen. Diese Einrichtung versorgt die Sekundärwicklung 8 des Transformators 5 mit einem Strom (vergl. Fig. 2), der den Kern über die um den Kern gewickelten (z.B. 20 Milliampere-Windungen, entsprechend seinem Magnetisierungswert auf die gewünschte, im allgemeinen größte magnetische Permeabilität vormagnetisiert (Vormagnetisierungs-Wicklung).

909819/0652



Außerdem bewirkt die Versorgungseinrichtung 1 eine Anfangsaufladung eines Energiespeichers (eines Kondensators) 12 - z.B. auf ungefähr  $2/3$  der Maximal-Ladung - über einen Spannungsmultiplikator 11, welcher Speicher 12 sich augenblicklich oder jedenfalls in einer vorgesehenen Zeit, die zur Bildung einer bestimmten Schwelle für eine Entladeeinrichtung 13 erforderlich ist, über eine elektromagnetische Auslösevorrichtung 14, die die Öffnung des elektrischen Verbraucherstromkreises veranlasst, entladen kann.

In dem Fall, in welchem die Primärwicklung von einem Fehlerstrom gegen Erde ohne den Ladestrom durchflossen wird, liefert immer die gleiche Sekundärwicklung 8 des Transformators 5 einen Strom mit einem ausreichend hohen Wert infolge der Vormagnetisierung des Magnetkerns, wobei mit b der Arbeitspunkt, mit a das Signal ohne Vormagnetisierung mit  $20 + a$  das Signal nach der Magnetisierung bezeichnet ist (Fig.2). Der vorgenannte Strom addiert sich zu dem der Anfangsladung, wodurch der Energiespeicher 12 veranlaßt wird, die festgesetzte Schwelle der Entladeeinrichtung 13, eine Kommutationsdiode, zu überwinden, welche letztere auch eine Trigger-Diode oder ein DIAC, oder ein Rohr mit kalter Kathode sein kann. Die Kapazität entlädt sich auf diese Weise auf den Auslöser 14 und betätigt diesen. In gewisser Weise kann auf die Magnetkerne mit hoher Anfangspermeabilität und auf Transformatoren mit mehreren Primärwindungen verzichtet werden.

Wenn der verwendete Eisenkern einen niedrigen magnetischen Sättigungspunkt hat, kann in dem Fall, wenn ein Kurzschluß von einer Phase zur Erde entsteht, eine derart hohe Spannung an den Enden der Sekundärwicklung auftreten, daß Schäden am Spannungs-Multiplikator 11 oder am Kondensator 12 hervorgerufen werden können; diese Nachteile können jedoch leicht mittels eines geeigneten Entladeters 10 (vergl. Fig. 3 oder 4) verhindert werden, der an den Enden der Sekundärwicklung

909819/0652

angeordnet ist und von einer bidirektionalen Schwellendiode <sup>kann</sup> oder auch von einem einfachen Gasentladungsrohr gebildet sein.

Nachdem sowohl die Versorgungseinrichtung 1 als auch die Entladeeinrichtung 13 und die magnetische Charakteristik des Eisenkerns naturgemäß verschiedene Werte für jede Sicherheitseinrichtung liefern können, kann man mit einer Eicheinrichtung erreichen, daß jede der Sicherheitseinrichtungen justierbar wird und zwar auf denselben Wert der Differential-Auslösung. Eine solche Eicheinrichtung, die direkt auf die Wicklung 8 einwirkt und hierbei vorteilhafterweise sowohl den Strom der Vormagnetisierung als auch die Vor<sup>auf</sup>ladung des Kondensators 12 variiert, ist in einfacher Weise von einem Regelwiderstand 9 nach einem Endwiderstand 9', die in Serie zur Wicklung 8 geschaltet sind, gebildet.

Schließlich ist die genannte Wicklung 8 auch dazu zu verwenden, künstlich die Auslösung der Einrichtung hervorzurufen, um die Funktion der einzelnen Teile zu überprüfen. Diese Prüfung ist in allen Differentialen erforderlich und wird periodisch durchgeführt, indem elektrische Impulse einem . beispielsweise außerhalb der Einrichtung angeordneten Wächter zugeführt werden. Im Falle einer Prüfung genügt es, daß der Schließkontakt der Taste 21 den Endwiderstand 9 der vorgenannten Regelungseinrichtung kurzschließt, weil die nachfolgende Erhöhung des Vormagnetisierungsstromes des Eisenkerns und des Voraufładestroms der Kapazität die Differential-Einrichtung auslöst.

In den in den Figuren 3 oder 4 gezeigten Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die stabilisierte Versorgungseinrichtung 1 in ihrer einfachsten Form gebildet von einem oder zwei Puffer-Widerständen 2 oder von einem Halbleiter 3 mit in beiden Richtungen gut definierter Schwelle, d.h. entweder von einem DIAC oder einer Doppel-Zener-Diode; jedenfalls kann anstelle des Halbleiters auch ein Rohr mit kalter Kathode oder eine

909819/0652

Impedanz mit sättigbarer Referenz verwendet werden.

Die mit 11 und 12 schematisch bezeichnete Zusammenfassung der Energiespeicher wird gebildet von einem Spannungs-Multiplikator, der in den Fig. 3 und 4 mit 11 bezeichnete und als Spannungs-Duplikator ausgebildet ist, der jedoch auch ein Spannungs-Triplikator oder Quadruplikator sein kann, und von dem Kondensator 12, welcher die Ladung speichert. Die Teile 11 und 12 der Fig. 3 und 4 können durch diejenigen der Fig. 5 ersetzt werden, so daß eine gleichwertige Einrichtung damit geschaffen ist. Dies kann verwirklicht werden durch eine Serie von zwei Kondensatoren 12, von denen jeder aufgeladen wird mit einer der beiden Spannungs-halbwellen der Versorgungseinrichtung 1 oder des Differential-Transformators 5.

Ein analoges Resultat erhält man mit dem in Fig. 4 gezeichneten Schaltschema, in dem gleiche Elemente die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 3 haben, die sich jedoch voneinander dadurch unterscheiden, daß die Sekundärwicklung 8 des Differential-Transformators 5 hier in Serie geschaltet ist mit dem Stabilisator 3 und dem Spannungs-Multiplikator 11. Bis auf die verschiedenen Widerstandswerte des Peglers 9 sind die Schaltungen der Fig. 3 und 4 gleichwertig, jedoch muß in Fig. 4 der Widerstand 22 zugefügt werden, um die Funktion der Einrichtung zu gewährleisten, wenn eine der Leitungen 6 oder 7 unterbrochen werden müssen. Beim Fehlen dieses Widerstandes speist der Transformator 5 nicht mehr die Elemente 11, 12 und 14, da der hohe Widerstand von 3, 9 und 9' den Abfall des größten Teiles der vom Transformator 5 gelieferten Spannung verursacht.

Die vorstehend beschriebene Sicherheitseinrichtung ist für einphasige Einspeiseleitungen vorgesehen, sie kann indes auch bei dreiphasigen Anlagen mit oder ohne Nulleiter Anwendung finden.

909819/0652

In einem solchen Fall wird die stabilisierte Versorgungseinrichtung 1 in den Fig. 3 und 4 ersetzt durch eine besondere Einrichtung, die dem Netz Strom entnimmt und hierbei die Frequenz nicht variiert, sie (jedoch) auf ein Vielfaches derjenigen des Netzes bringt. Die genannte Einrichtung wird von einem Frequenzgenerator mit einer Frequenz gebildet, die mindestens das Dreifache derjenigen des Netzes ausmacht. Die Teile 9, 9', 5, 11, 13 und 14 bleiben unverändert.

Zusammenfassung der Vorteile der vorbeschriebenen Einrichtung:

1. Es werden kostengünstigere Magnetkerne verwendet, da eine hohe magnetische Anfangspermeabilität (gebildet durch die Vormagnetisierung des Kerns) und eine niedrigere magnetische Sättigungs-Induktion nicht erforderlich sind, da die Ausgangs-Spannung vom Entlader 10 begrenzt wird. Es werden kostengünstigere Auslöser verwendet, weil durch die Verwendung des Energiespeichers eine größere Energiemenge erzeugt wird bzw. geliefert wird, um diese zu betätigen.
2. Im Falle einer Unterbrechung einer der Leiter (insbesondere des Nulleiters) kommt die Versorgungseinrichtung 1 außer Betrieb, jedoch bleibt der übrige Teil des Stromkreises in Betrieb. Der Energiespeicher 12 muß lediglich vom Differential-Transformator 5 aufgeladen werden, so daß die Sicherheitseinrichtung immer in Funktion tritt, selbst wenn sehr hohe Werte eines Streustromes gegen Erde vorliegen. Jedenfalls ist der genannte Auslösewert stets mehr als ausreichend, um einen Schutz gegen Berührungsspannungen zu gewährleisten in Verbindung mit einer geeigneten Erdungsanlage gemäß der italienischen und der Weltnorm auf

909819/0652

dem elektrotechnischen Gebiet (CEI - CEB 61 - CENELECIEBC),  
d.h. mit einem Widerstand bis zu 250 OHM maximal.

3. Die Primärwicklung des Transformators wird von einer einzigen Windung gebildet, da der Transformator lediglich einen Teil der Energie für die Betätigung des Auslösers (Schalter) liefern muß.

Die Empfindlichkeit von  $I \Delta N = 5\text{mA}$  wird leicht erreicht; es genügt, den Bruchteil der im Netz entnommenen Ladungsenergie für den Kondensator 12 zu erhöhen und/oder sie entsprechend dem vom Transformator 5 zu liefernden Energie-Bruchteil zu vermindern.

4. Die gezeichnete Einrichtung ist praktisch unempfindlich sowohl gegen in einer Richtung verlaufende, pulsierende Ströme als auch gegen Ströme mit einer kontinuierlichen Komponente, weil der Transformator sich stets in dem Zustand befindet - selbst wenn dieser von einem kontinuierlichen Strom polarisiert wird -, in dem er ein ausreichendes Bruchteil zur Erreichung der Entlade-Schwelle des Kondensators liefert.

5. Mit Bezugnahme auf die Fig. 1, wird die Prüfeinrichtung in einfacher Weise verwirklicht, indem der Widerstand 9 mit der Taste 15 kurzgeschlossen wird, ohne hierdurch erhöhte Ströme in den Stromkreis einzuführen oder auf thermische Wege einen erhöhten Potentialverlust zu verursachen.

909819/0652

2845993

Fig.1

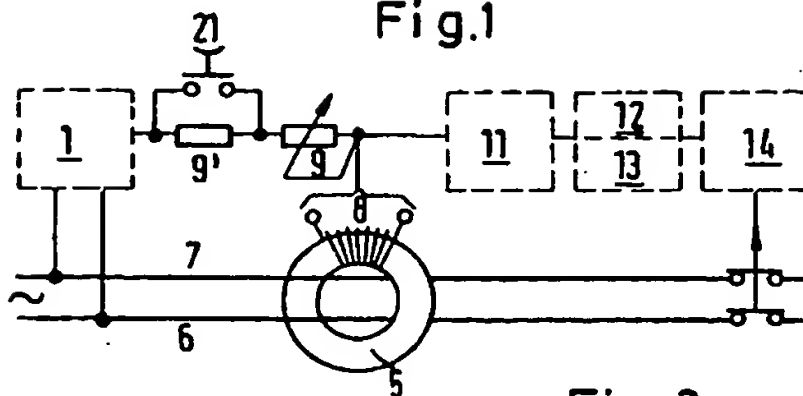


Fig.2

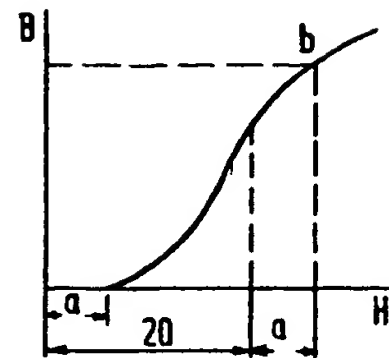


Fig.3

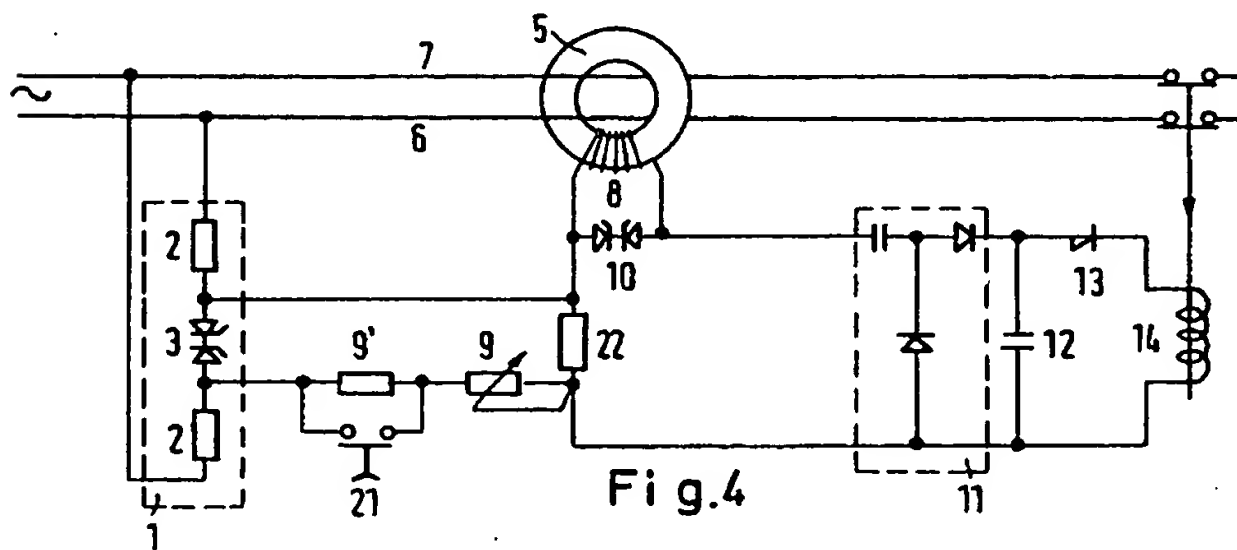
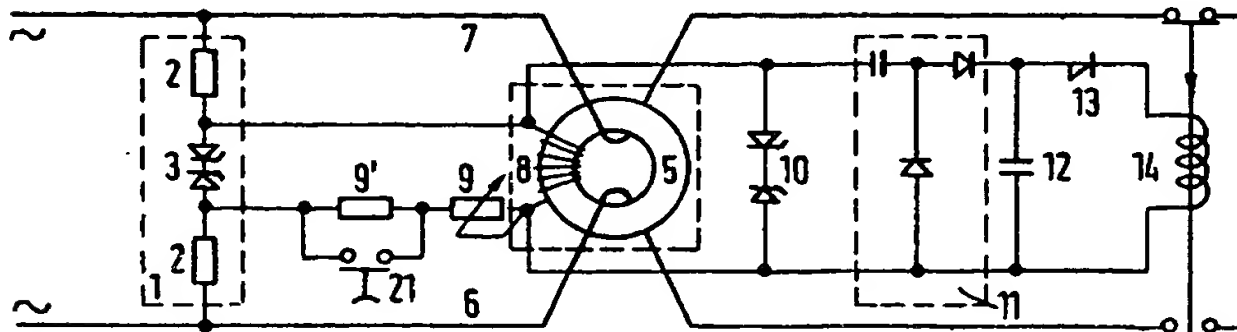


Fig.4

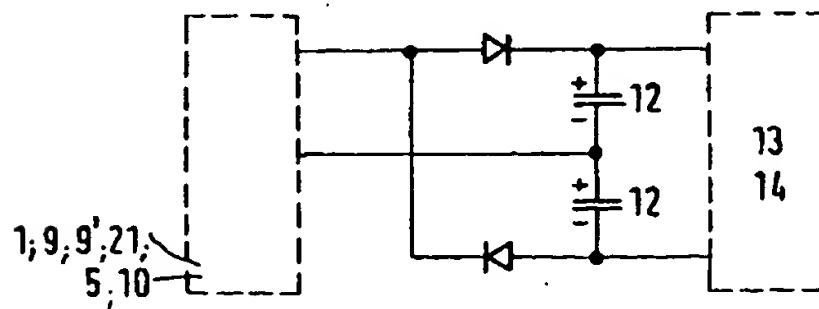


Fig.5

909819/0652